

IV-262 空間周波数成分の劣化を利用した衛星リモートセンシングデータの画質改善について

東京理科大学 正会員 大林 成行

○東京理科大学 正会員 小島 尚人

東京理科大学 正会員 Tashpolat Tiyp

日商岩井(株) 潮 健一

1. はじめに 衛星リモートセンシングデータには衛星の軌道や姿勢変動、センサの走査運動に起因する幾何学的歪、センサの感度不揃いのために発生する放射強度歪、さらには、センサ開口特性や撮像系の移動に起因するボケ(blur)を生じ、観測画像の画質が劣化していることはよく知られている。この画質を改善するために「画像復元処理」、いわゆるデコンボリューションが行われる。一般にこの復元処理では衛星センサシステムのデータ観測系の伝達関数(MTF: Modulation Transfer Function)を推定し、空間周波数領域内でデコンボリューションを施すが、衛星打ち上げ後の画像データからMTFを高精度に推定することが難しく、研究の主眼は「MTFの推定問題」に置かれている¹⁾。また、推定したMTFを用いてデコンボリューションを施すと(以下MTF補正と呼ぶ)、過度に高周波成分が卓越し、極端な場合には「ごま塩状」のノイズ成分が現れることもあり、効果的に画質を改善することが難しいといった問題も指摘されている。そこで、本研究ではMTFを用いた画質改善におけるこのような問題点を整理するとともに、土地被覆項目別の空間周波数成分の劣化を用いて画質改善を行った結果(以下DSF補正と呼ぶ)について報告する。MTF補正と本研究で提案するDSF補正による画質改善効果について、作業効率面も含めて比較・評価するものである。なお、DSFという言葉は「Degraded Spatial Frequency」の略称であり、学術的に広く使用されている言葉ではないことを断わっておく。

2. 土地被覆項目別の空間周波数成分の劣化特性 従来から1次元でMTFを定義する理由として、①2次元フーリエ変換の取扱いや表現が複雑であること、②1次元でも画像劣化の性質は表現できること、③実際に物体を見る場合、点よりも線や辺縁、すなわちエッジプロファイル等の1次元情報が重要な評価要素となること、等があげられる。しかし、このことは理想状態のテストチャートが地上に存在するといった仮定に基づくものであり、すでに運用中の衛星画像センサシステムを考える場合、この条件を現実成り立たせることは難しい。人間が画像を見る場合、無意識のうちに周囲の状況を視野に入れつつ「面」として、すなわち「2次元の情報」を捉えている。そこで、本研究では2次元の空間周波数成分の劣化、いわゆる2次元のDSFから1次元のDSFを定義する。1次元DSFとは2次元配列の画像データに対する光学的フーリエ変換から得られるパワースペクトルの最大値を1として、式-1に基づいて同一周波数に対応するパワースペクトルの平均をとるものである。図-1にこの概念を示すが、これはいわゆるMTFを推定する場合の直接法に相当すると言える。

$$DSF(f) = (1/n) \sum_{i=1}^n (DSF(U_i, f) + DSF(f, V_i)) \quad \dots\dots\dots \text{式-1}$$

但し DSF(f) : 1次元DSF

DSF(U_i, V_i) : 2次元DSF

f : 1次元DSFに対応する空間周波数

U_i : U方向空間周波数(図-1参照)

V_i : V方向空間周波数(図-1参照)

3. 画質改善効果 本研究で使用した衛星データは、1987年12月3日に観測されたMESSRデータである。対称領域は、MTFを算出するために必要となるエッジが画像上で選定しやすいことを念頭におき、霞ヶ浦が含まれる土浦市周辺とした。また、MTFの算出方法には種々の方法が考案されているが、本研究では推定精度が高いと報告されている「Edge Differentiation Method」による推定方法を用いた²⁾。

手法の詳細については紙面の都合上割愛するが、この方法から算出したMTFを図-2に示す。さらに、図-3には市街地（30×30ピクセル）を対称としてDSFを算出した結果を示す。本研究では、この他にも畑地、樹林、水田、裸地といった種々の土地被覆項目についてDSFを算出し、空間周波数成分の劣化の違いについて比較した。その結果、市街地や樹林では、畑地や水田に比べて空間周波数成分の劣化が比較的大きく、裸地のように土地被覆が一樣なものについては劣化が少ない傾向にあることが判った。

図-2および図-3で示したMTFとDSFを用いて、デコンボリューションを行った結果のプロファイルグラフをそれぞれ図-4と図-5に示す。

MTF補正に比べてDSF補正の方が、原データの画像濃度値の変動を崩すことなく全体的に滑らかに復元されている。DSF補正はMTF補正に比べて高い周波数成分を過度に卓越させることなく、効果的に画質を改善できることが判る。さらにDSFは画像上で任意に土地被覆項目を選定して容易に算出することができ、MTFのようにエッジ選定の良否に左右されないといった利点がある。また、MTF補正ではエッジ選定に要する作業時間を含めて1バンドあたり約30分程度かかるが、DSFでは5分程度で補正が可能であり実用的である。特にバンド別に画質を改善した後にカラー合成画像を作成する場合には有効となる。

4. まとめ 本研究で提案したDSFを用いれば、MTFに比べて比較的安定した画質改善効果が得られることが判った。また、MTFに比べて作業効率もよく実用的である。今後は画質を左右するDSFについて土地被覆項目別により詳細に検討することが課題として挙げられる。土地被覆項目別の空間周波数の変化に対応できる「Adaptability」のあるセンサが必要であるとの声も聞かれるが、このような方面においても本研究のアプローチがなんらかの参考となれば幸いである。

【参考文献】1) 中正夫、興石肇：MESSRの空間分解能特性の推定、日本リモートセンシング学会誌、Vol.9、No.1、1989年

2) 祁華、安田嘉純、江森康文：衛星画像のMTF推定、写真測量とリモートセンシング、Vol.28、No.5、PP.12~PP.20、1989年

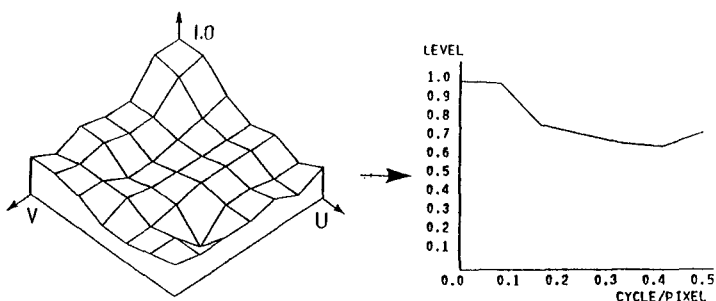


図-1 1次元DSFの算出（例：畑）

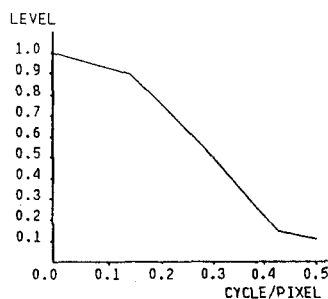


図-2 MTFの算出結果

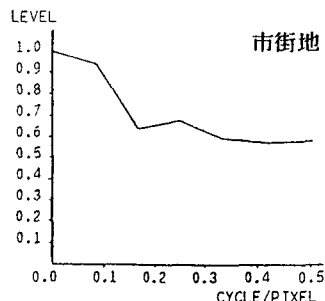


図-3 DSFの算出結果

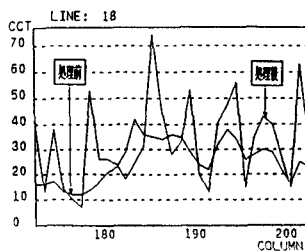


図-4 MTF補正後の
プロファイル

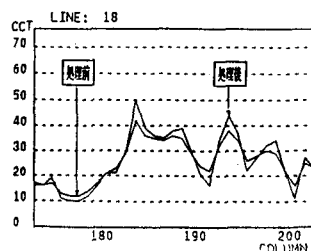


図-5 DSF補正後の
プロファイル